

UNE PROSPECTIVE POUR PENSER LES MACHINES AUTREMENT

QUELS
AGROÉQUIPEMENTS
EN 2050 POUR
UNE AGRICULTURE
DURABLE, RÉSILIENTE
ET PROSPÈRE ?

COMMENT PENSER LES AGROÉQUIPEMENTS ?

Pour atteindre cette vision agricole proposée par le Shift Project, les machines doivent permettre de mettre en place ces pratiques. Elles doivent semer dans des sols couverts, récolter plusieurs cultures sur la même parcelle, limiter le tassement des sols, fertiliser les cultures en place avec de l'engrais organique sans pertes ammoniacales lors de l'épandage, permettre une logistique plus complexe. Ces machines doivent fonctionner avec des énergies bas-carbone, en utilisant le moins de matières premières possibles et de façon à en faciliter l'appropriation et l'usage par les structures agricoles.

L'AGROÉQUIPEMENT À LA JONCTION DE PLUSIEURS ÉCOSYSTÈMES

A l'avenir, les agroéquipements ne devront plus être pensés uniquement comme un moyen pour décupler la productivité, mais comme les supports matériels

d'un changement de système agricole, social et culturel. Il s'agit donc de passer de machines puissantes et standardisées à des équipements appropriables, sobres, modulaires, réparables, capables de gérer des flux de matière plus variés, et pilotés par des personnes formées à de nouvelles compétences. En clair, pour s'adapter aux contraintes et conditions spécifiques, la machine et son usage doivent se penser dans sa globalité, avec toutes ses composantes. Cette prospective n'invite pas uniquement à inventer les machines de demain, mais à s'interroger sur les conditions nécessaires (matérielles, techniques, sociologiques) pour le développement de cette agriculture durable, résiliente et prospère.

La grille d'analyse ci-dessous nous permet d'anticiper les modifications nécessaires à l'agroéquipement ainsi que d'en inventer de nouvelles. Quatre scénarios sont proposés pour explorer les possibilités.

GRILLE D'ANALYSE AGROÉQUIPEMENT

1- FONCTIONNEMENT MACHINE



Analyse l'énergie utilisée, l'efficacité, le réservoir, les infrastructures de ravitaillement, les ressources de fabrication, les données et la formation

2- MACHINE & ORGANISATION



Décrit les modes d'utilisation et de propriété, la maintenance, le parc matériel, la formation et l'économie

3- MACHINE & ARCHITECTURE



Évalue l'automatisation, le retrofit, les fonctionnalités, les dimensions, la réparabilité, l'appropriation, la sobriété d'usage, le numérique et la formation

4- MACHINES & TRAVAIL



Précise le confort, l'ergonomie, le soulagement du travail humain, la sécurité, l'organisation du travail et le fonctionnement en mode dégradé

5- MACHINE & ENVIRONNEMENT



Évalue les effets sur les sols, l'adaptation aux inondations, aux extrêmes climatiques, les contraintes parcellaires et les relations de voisinage

6- MACHINE & USAGE AGRICOLE



Interroge la compatibilité avec les pratiques agricoles souhaitées, l'agroforesterie, la logistique et l'adaptation aux fenêtres d'intervention courtes



POURQUOI IMAGINER LES AGROÉQUIPEMENTS DE 2050 ?

POURQUOI CETTE PROSPECTIVE ?

De nombreux travaux de prospective ont imaginé l'agriculture française à horizon 2050, avec la description des pratiques, assolements, et filières. Les agroéquipements apparaissent bien dans ces travaux mais par une approche systémique. Cette prospective va en profondeur sur le sujet, et se concentre sur les implications et "non-dits" de ces travaux sur le machinisme agricole.

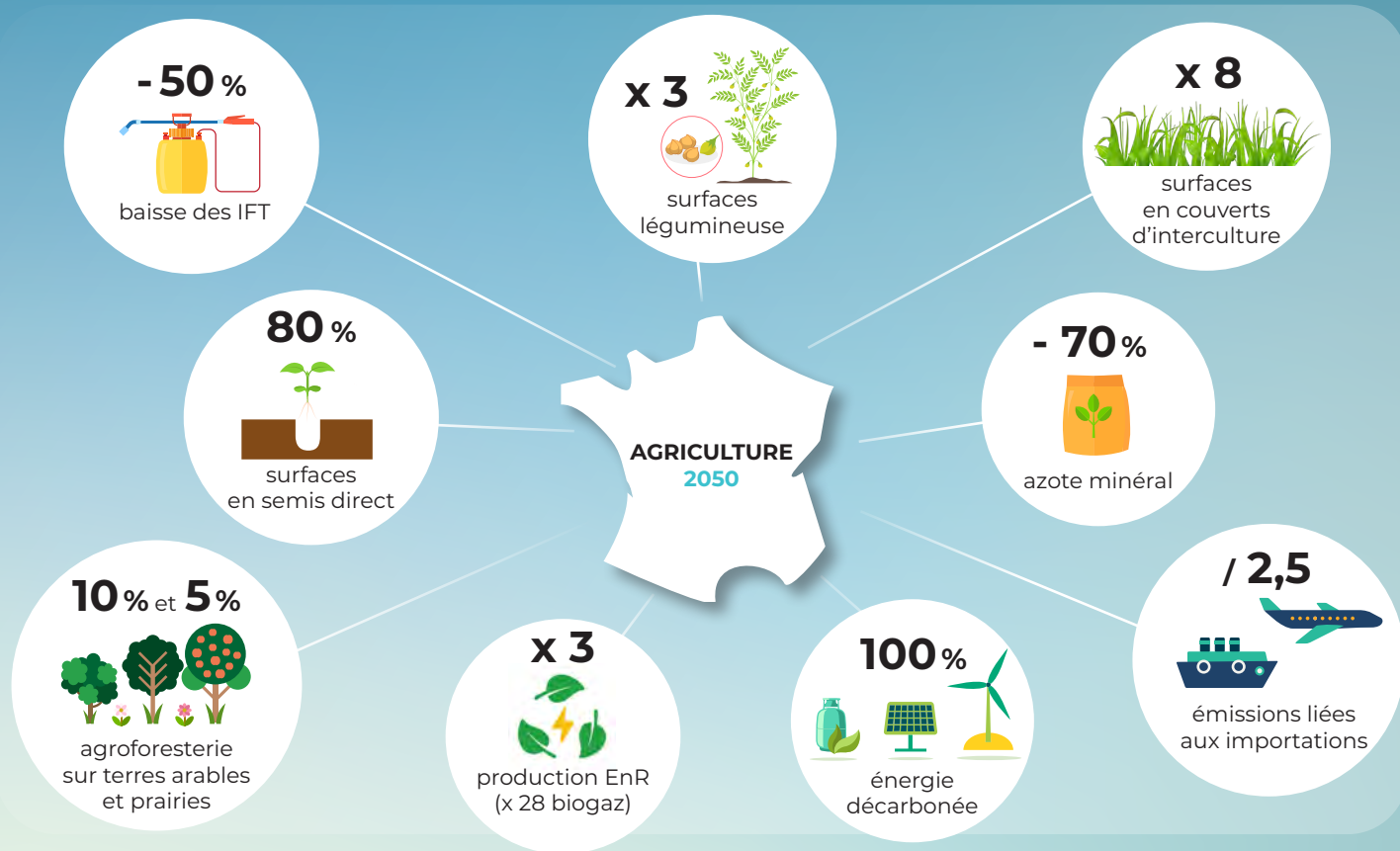
CE QUE CE TRAVAIL CHERCHE À PRODUIRE

Il s'agit de comprendre et situer la place de l'agroéquipement dans notre futur agricole. Le but ne sera pas de formaliser une liste fermée de machines du futur, mais un cadre de discussion pour interroger les besoins matériels, techniques, économiques, organisationnels et humains d'une agriculture durable, résiliente et prospère.

LA VISION AGRICOLE SUPPORT DE CE TRAVAIL

L'association TheShift Project a proposé en 2024, à travers une prospective, une feuille de route pour transformer le secteur agricole français. Celle-ci, s'appelant "Pour une agriculture bas carbone, résiliente et prospère", détaille une agriculture de 2050 qui cherche à concilier décarbonation, résilience, souveraineté alimentaire et capacités exportatrices, biodiversité, fertilité des sols et viabilité des systèmes agricoles. L'agriculture devient également productrice d'énergie pour les autres secteurs d'activité.

Ce scénario implique des évolutions profondes: sortie des énergies fossiles, baisse des intrants de synthèse, accroissement des surfaces gérées en techniques culturales simplifiées, hausse de la production de légumineuses, autonomie protéique, fertilisation organique, reconnexion culture-élevage, agroforesterie, haies, diversification des cultures et gestion plus fine des flux de biomasse pour plusieurs valorisations.



4 FUTURS POSSIBLES POUR LES AGROÉQUIPEMENTS EN 2050

SCÉNARIO 1

UNE TRANSITION TECHNIQUE INÉGALITAIRE, SELON LES CAPACITÉS D'INVESTISSEMENT

Ce scénario décrit l'évolution tendancielle. Le monde agricole est structuré par la concentration du foncier et du capital, ainsi qu'une pression économique chronique. Les exploitations agricoles sont dépendantes du marché mondialisé et mises en concurrence par ce même marché.

Les filières sont segmentées, avec une gouvernance par l'aval privé. L'accès aux technologies est inégal. Les formations restent insuffisamment ouvertes aux nouveaux profils d'agriculteurs et d'agricultrices. L'adaptation climatique est partielle. Les politiques publiques soutiennent la compétitivité, la souveraineté et le maintien des volumes. Les aides au verdissement, bien que toujours présentes, ont reculé. Les filières privées structurent une partie croissante des exigences de conformité, de preuve d'impact et de traçabilité de la production agricole.

Les agroéquipements évoluent en suivant les avancées technologiques, les contraintes en ressources, tout en permettant la même utilisation que précédemment : efficacité énergétique, décarbonation directe et indirecte, automatisation partielle, outils plus précis, mais maintien d'une logique de machines puissantes, spécialisées et souvent coûteuses.

Le numérique se développe, mais de façon inégale selon les territoires, les filières et les moyens économiques des structures agricoles. La dépendance aux constructeurs, aux logiciels propriétaires, aux réseaux de maintenance spécialisés et aux pièces détachées reste forte.

SCÉNARIO 2

UNE TRANSITION VERTE PILOTÉE PAR L'EUROPE ET LES NORMES, MAIS ENCORE TRÈS TECHNOLOGIQUE

Ce scénario ne décrit pas une transition pleinement maîtrisée, mais une transition écologique partielle, encadrée, sélective et socialement différenciée. L'agroécologie est devenue légitime ; les aides européennes, les standards publics, la demande sociale et les stratégies de souveraineté poussent à transformer les pratiques.

Mais cette dynamique se déploie dans un système encore marqué par la concentration du foncier et du capital, la dépendance aux acteurs industriels, l'inégal accès aux compétences, l'instabilité des filières et une adaptation climatique incomplète.

Les agroéquipements sont mobilisés pour réduire les émissions, limiter les quantités d'intrants, améliorer l'efficacité énergétique et accompagner les nouvelles pratiques agricoles. L'électrification, l'utilisation du biogaz et des biocarburants, l'automatisation et l'usage de la robotique progressent plus fortement.

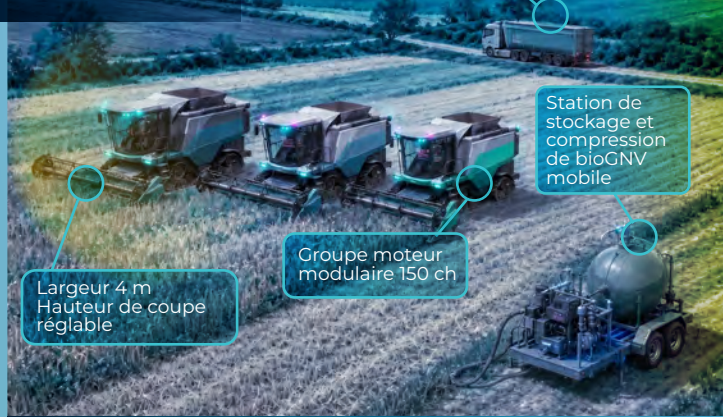
Les machines deviennent plus performantes, plus propres et plus connectées, mais aussi plus complexes. L'enjeu est alors l'accès à ces équipements, leur coût, leur réparabilité, la maîtrise des données et la capacité des structures agricoles à ne pas subir une transition uniquement pilotée par l'offre technologique.

RÉCOLTER DES CÉRÉALES DANS DES SYSTÈMES PLUS DIVERSIFIÉS

En 2050, récolter des céréales ne signifiera plus seulement moissonner une culture unique et/ou homogène. Il faudra récolter une plus grande diversité de cultures, résidus inclus. Celles-ci pourront être en association d'espèces ou de variétés, avec plus d'adventices à gérer de par la baisse de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Le tout est à faire en limitant le tassement des sols et en orientant plusieurs flux : alimentation humaine, alimentation animale, semences, méthanisation, compostage ou retour au sol.

FLOTTE DE MOISSONNEUSES-BATTEUSES



Une moissonneuse-batteuse maître pilotée par un humain est suivie par d'autres asservies, avec le même réglage, le même groupe moteur interchangeable. La récolte est emmenée par camions sur route.

FAUCHAGE, ANDAINAGE SUR CHAMPS. BATTAGE CENTRALISÉ



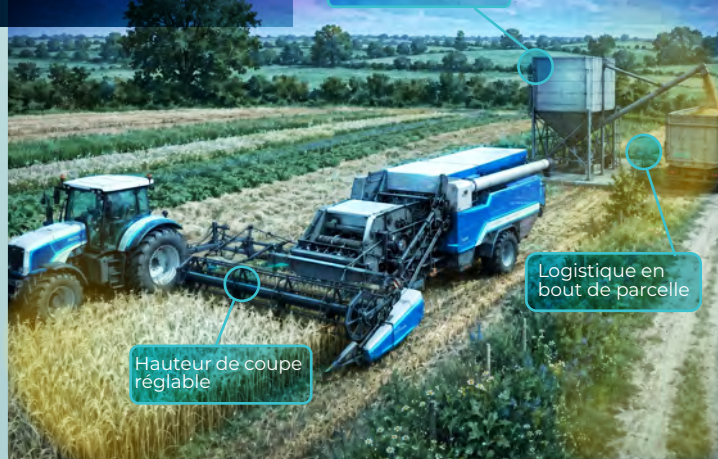
Le chantier est divisé en tâches pour maintenir un débit de chantier tout en limitant la consommation d'énergie. La logistique est plus importante via la hausse du volume de matière transporté du champ vers la zone de battage.

STRIPPER AVEC TRI-OPTIQUE, BATTAGE CENTRALISÉ



Le stripper récolte les différentes graines et laisse les tiges sur place. Un tri optique permet de séparer les espèces. Chaque type de récolte est déversé dans une benne pour un battage centralisé.

MOISSONNEUSE-BATTEUSE TRACTÉE



Le tracteur est utilisé comme unité de puissance, pour un chantier plus économe en agroéquipements et énergie. Un stockage tampon en bout de champ permet d'optimiser la logistique.

FERTILISER AVEC DES ENGRAIS ORGANIQUE SANS PERTES D'AZOTE

La fertilisation organique est un pilier majeur dans cette agriculture de 2050. Les enjeux sont d'éviter la volatilisation via les pratiques d'épandage, de gérer les flux importants en matière (avec le grand nombre de méthaniseurs et la reconnexion culture et élevage à l'échelle des territoires) sans tasser les sols, d'apporter la bonne dose, au bon moment et au bon endroit.

Les défis à relever sont donc sur la logistique associée, et l'épandage non-émissif lorsque la culture est en place.

ENFOUSSEUR À DISQUES

1



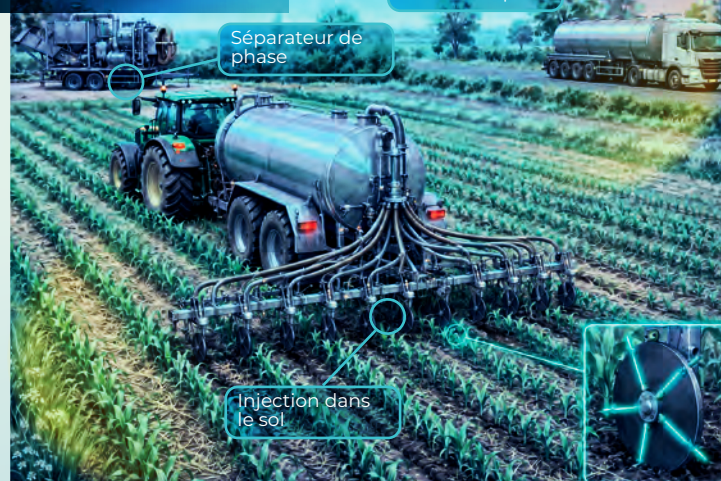
Type de transport selon la distance



Avec la cartographie du sol analysé et la caméra, les plantes sont nourries au plus près des besoins sur la largeur de l'enfouisseur.

ENFOUSSEUR À DISQUES AVEC AIGUILLES

3



Le digestat est séparé en amont. Les solides sont valorisés comme amendement. Le liquide est amené sur champs puis épandu dans le sol via des disques à aiguilles.

ENFOUSSEUR À DISQUES INDÉPENDANTS

2



Type de transport selon la distance



En plus de l'analyse du sol, chaque plante est analysée par une caméra devant chaque disque. Le débit réglable par disque permet d'administrer la quantité optimale à chaque plante.

FERTI-IRRIGATION

4



La partie liquide séparée est injectée au réseau d'irrigation souterrain, pour fertiliser les plantes tout en les alimentant en eau.

4 FUTURS POSSIBLES POUR LES AGROÉQUIPEMENTS EN 2050

SCÉNARIO 3

UNE TRAJECTOIRE AGROÉCOLOGIQUE, SOBRE, TERRITORIALISÉE ET MUTUALISÉE

Ce scénario décrit une transition organisée et portée par des choix publics, territoriaux et professionnels plus affirmés. Les structures d'exploitation agricole sont fondées sur des collectifs et sécurisées par l'action publique dans leurs efforts de transition. Pour s'adapter, des coopérations fortes émergent, pour l'investissement, l'usage, et/ou la maintenance des agroéquipements. Les filières sont reterritorisées avec des systèmes agroécologiques généralisés.

La sobriété numérique et matérielle est de mise. La technologie n'est légitime que si elle est appropriable, utile aux pratiques agroécologiques et au maintien du travail humain. Bien que demandant des investissements, cette transition s'appuie davantage sur la planification, l'expérimentation collective et l'adaptation aux contextes territoriaux.

Dans ce cadre, l'agroéquipement est au service de la transformation, de l'émergence de pratiques et de manières de faire ensemble. Les machines sont davantage pensées pour être réparables, modulaires et polyvalentes. Elles sont mieux adaptées aux pratiques agroécologiques : semis direct, cultures associées, fertilisation organique, couverts, récoltes diversifiées et associées, entretien des haies et des systèmes agroforestiers. Moins énergivores, elles deviennent un levier de sobriété, d'adaptation et d'autonomie. Le numérique est recherché pour son appropriation et son utilité réelle : guidage, précision, sécurité, organisation des chantiers.

SCÉNARIO 4

UNE CONCILIATION ENTRE SOUVERAINETÉ, AGROÉCOLOGIE, TECHNOLOGIE UTILE ET DIVERSITÉ DES TERRITOIRES

Ce scénario décrit un système de conciliation sous contraintes. Production alimentaire, réduction des émissions, autonomie énergétique, sobriété matérielle, adaptation climatique, préservation des sols et maintien de l'activité agricole sont les injonctions qui fondent ce scénario. Les filières sont à la fois pilotées par des cadres publics, par des exigences privées de preuve d'impact et par des gouvernances locales.

Nous avons donc une agriculture en équilibre instable, plus agroécologique, plus territorialisée, plus végétalisée, plus collective et plus encadrée, mais traversée par des tensions et contradictions fortes.

L'agroéquipement a un rôle majeur dans la soutenabilité de cet équilibre instable en s'adaptant aux besoins et contextes. Les équipements sont plus réparables, interopérables et adaptables à des systèmes agricoles diversifiés, tout en permettant le maintien des rendements agricoles. En fonction des cas, la robotisation et l'automatisation peuvent exister, mais comme auxiliaires du travail humain et de l'agronomie. La finalité des agroéquipements constitue le cœur de ce scénario : permettre à toutes les structures agricoles d'accéder à des équipements productifs, efficaces, sobres, appropriables et utiles pour les pratiques recherchées.

6 POINTS CLÉS DE CETTE PROSPECTIVE

1

LE FUTUR ÉNERGÉTIQUE DE L'AGROÉQUIPEMENT IMPLIQUE DES CHANGEMENTS ORGANISATIONNELS

Ravitaillement, flux énergétiques, gestion des risques ... Les énergies alternatives nécessitent des compétences et des organisations nouvelles.

2

LE SOL DEVIENT UNE CONTRAINTE DE CONCEPTION

Charge, roues et pneumatiques, nombre de passages... Les choix techniques doivent permettre la préservation du sol.

3

LA DIVERSITÉ AGRICOLE IMPOSE DES MACHINES PLUS ADAPTABLES

Cultures associées, légumineuses, couverts, haies, pratiques agroécologiques, fertilisation organique et logistique de produits agricoles multiples imposent de la modularité.

4

LA PUISSANCE N'EST PLUS L'UNIQUE HORIZON

La sobriété, la réparabilité, la précision, la technologie utile, et l'accessibilité deviennent centrales.

5

LA LOGISTIQUE PREND UNE PLACE IMPORTANTE DANS LA GESTION DES CHANTIERS

La diversité des produits et coproduits agricoles (graines, pailles, menues pailles, digestats, biomasse, effluents et coproduits) impose une organisation plus complexe des flux.

6

LES COMPÉTENCES SONT AUSSI IMPORTANTES QUE LES ÉQUIPEMENTS

Former, réparer, arbitrer, organiser les chantiers et piloter l'ensemble des flux devient décisif.

UNE PRODUCTION RÉALISÉE GRÂCE À L'EXPERTISE AGRICOLE

La vision agricole proposée par le **Shift Project** et les machines qui peuvent en découler sont l'issue d'un travail réalisé grâce à l'expertise des acteurs de filières agricoles et du monde de la recherche.



Contact :

Fédération Nationale des Cuma
43 rue Sedaine 75011 PARIS

france@cuma.fr